

Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège dans une région de production

Alexandra Ferreira, Fernando Lopes et Helena Pereira*

Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, 1349-018 Lisboa, Portugal

(Reçu le 21 Janvier 1999 ; accepté le 5 Novembre 1999)

Résumé – La croissance et la qualité du liège ont été caractérisées pour cinq suberaies de la région de production du bassin du fleuve Sado (Alcácer do Sal, Portugal), par un prélèvement d'échantillons sur 40 arbres par peuplement. En moyenne, l'épaisseur du liège était de 33,8 mm, dont 75 % du total appartenant aux classes commerciales au dessus de 27 mm, aptes au bouchonnage, et la porosité, mesurée par analyse d'image, 4,6 %. La qualité du liège montre une grande variabilité entre arbres d'une même suberaie et aussi entre suberaies. L'accroissement annuel moyen du liège pour un cycle de production de 8 ans complets était 4,1 mm. La croissance des années qui suivent le déliègeage est plus grande et diminue pendant le cycle. Pour cette région, le cycle de production de 9 ans est adapté aux débouchés industriels de la matière première. Les résultats montrent l'importance de la variabilité entre arbres de la croissance du liège et surtout de sa qualité.

liège / croissance / qualité / porosité / variabilité

Abstract – **Characterization of cork growth and quality in one region of production.** Cork growth and quality were characterised in 5 cork oak stands within the production area of the Sado basin (Alcácer do Sal, Portugal) based on a field sampling on 40 trees/stand. Cork thickness was on average 33.8 mm, with 75% of the samples in the commercial classes above 27 mm suitable for production of stoppers. Porosity measured by image analysis was 4.6% on average. Between tree and between stand variability of cork quality was large. The annual average cork growth for a production cycle with 8 complete growth years was 4.1 mm, being highest during the years following cork extraction and decreasing during the cycle. For this region, a production cycle of 9 years is adequate for raw-material industrial requirements. The results show the importance of between tree variability in growth and especially in quality.

cork / growth / quality / porosity / variability

1. INTRODUCTION

Les suberaies de chêne-liège occupent actuellement près de 2 millions d'hectares, s'étendant autour du bassin méditerranéen ouest et de la côte atlantique de l'Europe du sud : le Portugal concentre 30 % de la superficie de suberaies, l'Espagne 23 %. La production mondiale de liège est de près de 380 000 tonnes par an,

dont 51 % au Portugal. Les zones de production les plus importantes se situent dans la région de l'Alentejo portugais.

Le cycle de production du liège comprend normalement 9 à 10 ans de croissance entre déliègeages, ce qui assure une épaisseur de liège suffisante pour le bouchonnage, le principal et le plus valorisé débouché des

* Correspondance et tirés à part
Tél. +351 21 3634662 ; Fax. +351 21 3645000 ; e.mail: deftec@mail.telepac.pt

planches de liège. Les calibres utilisés en bouchonnerie sont surtout le 27–32 mm et le 32–40 mm, car ils permettent le poinçonnage de bouchons de 24 mm de diamètre qui sont les plus utilisés en bouteilles de vin.

La qualité du liège est aussi déterminante pour son aptitude au bouchonnage et pour la valorisation du produit, vu que le rendement, et surtout le profil de qualité des bouchons, dépend fortement de la qualité de la planche utilisée [6, 11]. Les planches de liège sont classées commercialement en classes de qualité par observation visuelle d'un expert, en 6 classes (1^{re} à 6^e) ou en classes mixtes de 1^{re} – 3^e (bonne qualité), 4^e – 5^e (qualité moyenne) et 6^e (faible qualité), le rebuts correspondant aux planches de liège qui n'ont pas la qualité nécessaire pour la production de bouchons.

La qualité du liège est établie principalement selon la porosité due à la présence des canaux lenticulaires qui traversent les planches de liège radialement, du phellogène jusqu'à l'extérieur [12, 13]. Quelques défauts, par exemple, galeries d'insectes ou grandes inclusions ligneuses, dévalorisent aussi fortement le liège [4].

La connaissance de l'épaisseur et de la qualité du liège est donc importante pour le producteur car ce sont les deux facteurs déterminants pour la valorisation du produit. Ceci a mené à la récente utilisation de méthodologies d'échantillonnage où des pièces de liège sont prélevées d'un certain nombre d'arbres pour permettre une évaluation de la production. Toutefois on ne connaît pas l'apport relatif des composantes génétiques et environnementales, ou de leur interaction, dans la détermination de la croissance et de la qualité du liège, quoique la grande variabilité entre arbres suggère une forte intervention du facteur génétique [9, 10].

Dans ce travail, nous analysons la variabilité rencontrée dans une importante région de production du liège du point de vue de croissance, de classe de qualité et de porosité du liège provenant de différentes suberaies.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'échantillonnage qui a servi de base à cette étude a été fait, en 1994, dans 5 suberaies en pleine production dans le bassin du fleuve Sado, autour de Alcácer do Sal, au Portugal (*figure 1*). Cette région, qui fait partie de la zone d'influence atlantique de l'Alentejo, a une importante production de liège et une activité agro-sylvicole associée au système d'exploitation du chêne-liège en « montado » (« dehesa ») bien développée. Les peuplements échantillonnés sont codés de A à E, et localisés respectivement à Herdade do Pinheiro (A), Herdade de Palma (B), Santa Margarida do Sado (C,D) et Santa Catarina (E) (*figure 1*).

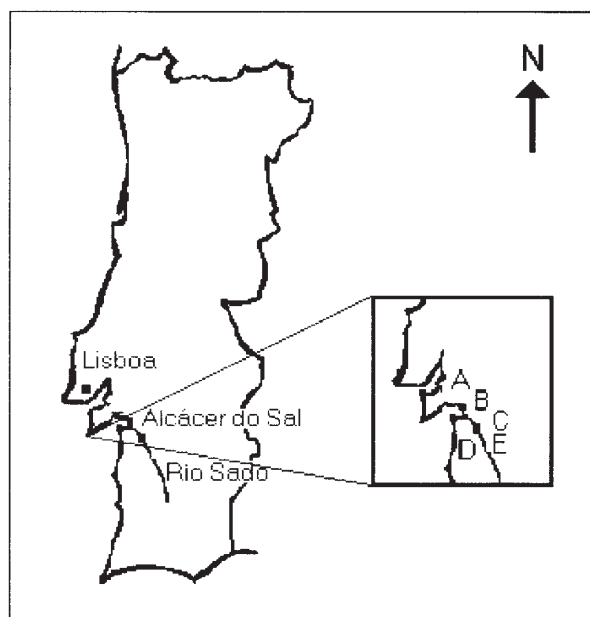


Figure 1. Localisation de la région du bassin du fleuve Sado autour de Alcácer do Sal et des cinq suberaies étudiées.

L'échantillonnage a suivi la méthodologie des Services Forestiers Portugais pour l'échantillonnage sur l'arbre [2]. Chaque suberaie est couverte par un tracé en zig-zag sur lequel les arbres à échantillonner sont marqués à distances régulières; cette distance dépend de l'intensité de l'échantillonnage qui est déterminée par la densité d'arbres à déliéger. L'échantillon de liège est extrait sur l'arbre à hauteur de 1,30 m avec dimensions 20x20 cm².

Dans le cas présent, 40 arbres ont été échantillonnés dans chaque suberaie. Les échantillons de liège ont été traités à l'eau bouillante pendant 1 heure, suivant la pratique industrielle de préparation du liège et équilibrés à la température ambiante. L'humidité des planches de liège séchées à l'air était en moyenne de 7 %.

L'épaisseur totale de la planche de liège (en mm) a été mesurée et la classification commerciale de qualité (de 1^{re} à 6^{ème} qualité et rebuts) faite par observation visuelle. Cette classification est la seule méthode actuellement en pratique commercialement et elle a été faite dans une association de producteurs de liège par un de leurs experts classeurs.

La densité (kg.m⁻³) a été déterminée pour chaque échantillon séché à l'air ainsi que la productivité de l'arbre estimée comme poids de liège produit par unité de surface de déliégeage (kg.m⁻²).

La croissance et la porosité ont été étudiées par analyse d'image sur 4 sections de 1,5 cm d'épaisseur, découpées de chaque côté de l'échantillon et correspondant aux deux sections transversales et aux deux sections radiales. Les surfaces ont été préparées pour l'observation par ponçage et nettoyage à l'air comprimé.

Les années de croissance ont été marquées à trois endroits à distance égale sur chaque section transversale du liège avec un stylo fin et mesurées par analyse d'image. Les résultats sont la moyenne des 3 déterminations pour chaque échantillon. Seules les années de croissance complète ont été mesurées, excluant donc l'année du déliègeage précédent et l'année de l'échantillonnage (1994) : ainsi, la dernière année de croissance complète du cycle de production correspond à 1993 et la 1^{ère} année de croissance complète correspond à l'année qui a suivi le déliègeage précédent. Cette détermination a permis d'obtenir le nombre d'années du cycle de production, calculé comme le nombre d'années de croissance complète plus deux « demi-années » correspondant aux années de déliègeage.

La porosité a été mesurée par analyse d'image suivant la méthodologie développée par Pereira et al. [12]. Les pores ont une couleur plus foncée que la masse de liège et peuvent être délimités comme objets sur l'image par sélection d'un niveau de gris (*figure 2*). Le dos du liège a été soustrait sur l'image avant sa manipulation pour qu'il ne soit pas considéré comme un objet du à sa couleur sombre.

Les paramètres suivants ont été déterminés pour chaque échantillon comme moyenne des quatre images obtenues, correspondant aux deux sections transversales et deux sections radiales :

- CP (%), coefficient de porosité : % de la superficie totale des pores dans la superficie totale du liège ;
- N° de pores par 10 cm : nombre total de pores calculé sur 10 cm de longueur de l'échantillon ;
- Superficie moyenne des pores, en mm² ;
- Dimensions des pores en mm : longueur et largeur spécifiques ;
- Nombre des pores et superficie moyenne des pores classifiés par classes de superficie : <1 mm², 1 – 2 mm² et > 2 mm², représentant respectivement les pores de petite, moyenne ou grande superficie ;
- Facteur de forme : $(4\pi.S) / P^2$ où S est la superficie et P le périmètre de l'objet ; ce paramètre mesure l'irrégularité du contour des pores (1 pour un cercle, 0 pour les objets très irréguliers) ;
- Facteur de géométrie : quotient entre les diamètres minimum et maximum (une forme circulaire a la valeur 1 et linéaire 0).



Figure 2. Image de la section transversale d'un échantillon de liège avec une porosité totale de 4,9 %. Le dos de la planche a été soustrait de l'image avant la quantification de la porosité.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

La caractérisation de la production des 5 suberaies échantillonnées est présentée sur les *tableaux I à VI*. Considérant le total de la production, l'épaisseur des planches de liège est en moyenne de 33,8 mm, ce qui la situe comme apte au bouchonnage. La distribution des échantillons par classes d'épaisseur montre que 25 % des planches est en dessous de ce qui est admis pour la production de bouchons (27 mm) et doit être orienté vers la production de disques pour bouchons. Au contraire, 25 % des planches ont dépassé l'épaisseur nécessaire (40 mm) et donc le rendement optimal dans la production de bouchons [11].

Suivant la classification par qualité commerciale, la production est de bonne (24 % du total) ou de moyenne (43 %) qualité. Toutefois, 25 % des planches sont du rebut et leur débouché sera la trituration pour production d'agglomérés de liège.

La productivité moyenne est de 8,8 kg de liège par m² de surface déliégée, ce qui est similaire aux productivités indiquées dans la littérature [3, 5, 10].

Les résultats du *tableau I* montrent que dans chaque suberaie il y a une forte variabilité des différents paramètres avec des coefficients de variation de la moyenne au dessus de 20% pour la plupart des cas. Cette variabilité entre arbres se superpose à la variabilité entre suberaies qui statistiquement ne se montre pas significativement différente.

Toutefois la production des suberaies en termes d'épaisseur du liège ou de productivité (liège produit par unité de superficie déliégée) ne peut pas être comparée directement, car la durée du cycle de production s'est avérée différente. En effet, l'âge déterminé sur chaque échantillon a montré que la durée du cycle de production du liège était différente entre arbres. Le cas extrême a été la suberaie A, avec des lièges avec cycles de production de 9 à 13 ans. Ceci résulte du fait que l'extraction du liège n'est pas faite normalement la même année sur tous les arbres du peuplement et que l'année d'extraction

Tableau I. Caractérisation des échantillons de liège récoltés dans cinq suberaies dans la région de Alcácer do Sal. Moyenne de 40 arbres pour chaque suberaie ; entre parenthèses, l'écart type.

	A	B	C	D	E	Moyenne
Épaisseur totale, mm	32,3 (10,5)	32,4 (7,5)	34,5 (10,8)	35,9 (12,3)	33,8 (9,2)	33,8 (10,1)
Densité, kg.m ⁻³	270 (57)	250 (64)	267 (54)	279 (84)	264 (66)	266 (66)
Productivité, kg.m ⁻²	8,2 (1,8)	8,5 (1,5)	8,8 (1,6)	9,7 (3,0)	8,7 (2,1)	8,8 (2,1)
Age du liège, années	9-11-12-13	9-10	9-10	9-10	10-11	

Tableau II. Distribution des échantillons de liège récoltés dans cinq suberaies dans la région de Alcácer do Sal par classes commerciales d'épaisseur, en % du total.

Classes d'épaisseur	A	B	C	D	E	Moyenne
< 22 mm	10	8	10	8	10	9
22-27 mm	20	21	15	15	10	16
27-32 mm	17	16	17	15	22	18
32-40 mm	18	34	33	36	40	32
> 40 mm	35	21	25	26	18	25

Tableau III. Croissance annuelle du liège prélevé dans cinq suberaies dans la région de Alcácer do Sal, par année de croissance après déliégeage et comme moyenne annuelle dans un cycle de production de 9 ans (8 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque suberaie ; entre parenthèses, l'écart type.

	A	B	C	D	E	Moyenne
Croissance moyenne, mm/an	3,78 (0,83)	4,01 (0,89)	3,92 (1,04)	4,27 (1,07)	3,43 (0,96)	4,09 (1,00)
Croissance annuelle, mm						
1 ^{ère} année	4,87 (1,28)	5,84 (1,57)	5,63 (1,77)	6,61 (2,01)	5,51 (1,73)	5,76 (1,78)
2 ^{ème} année	4,47 (0,86)	5,53 (1,46)	4,78 (1,38)	5,29 (1,20)	3,81 (1,39)	4,74 (1,41)
3 ^{ème} année	4,45 (1,02)	4,97 (1,39)	4,13 (1,10)	4,66 (1,32)	3,61 (1,53)	4,28 (1,33)
4 ^{ème} année	4,01 (1,16)	3,97 (1,00)	4,24 (1,22)	4,52 (1,28)	4,34 (1,83)	4,26 (1,34)
5 ^{ème} année	3,50 (0,83)	3,66 (1,02)	3,43 (1,17)	3,73 (1,25)	2,99 (1,09)	3,44 (1,13)
6 ^{ème} année	3,48 (1,21)	3,31 (1,03)	3,37 (1,19)	3,47 (0,98)	2,81 (0,75)	3,27 (1,05)
7 ^{ème} année	2,67 (0,86)	2,58 (0,64)	3,18 (1,10)	3,13 (0,87)	2,29 (0,65)	2,83 (0,94)
8 ^{ème} année	2,41 (0,69)	2,19 (0,61)	2,59 (0,97)	2,74 (1,04)	2,10 (0,78)	2,44 (0,90)

Tableau IV. Distribution des échantillons de liège récoltés dans cinq suberaies dans la région de Alcácer do Sal par classes de qualité commerciale, en % du total.

	A	B	C	D	E	Moyenne
Bonne (1 ^{ère} - 3 ^{ème})	41	18	15	38	8	24
Moyenne (4 ^{ème} - 5 ^{ème})	39	50	53	33	40	43
Faible (6 ^{ème})	5	11	5	12	7	8
Rebut	15	21	27	17	45	25

n'est marquée que sur le tronc déliégé de quelques arbres. Il arrive aussi parfois que la séparation du liège n'est pas facile sur quelques arbres dont le déliégeage est alors reporté à l'année suivante.

L'existence de cycles de production de durée différente ne permet donc pas de comparer l'épaisseur ou la productivité entre suberaies. Toutefois, on peut dire que

dans les suberaies étudiées, un cycle de production de 9 ans semble adapté au débouché industriel de la production car les lièges surépais (> 40 mm) correspondent à plus de 20 % de la production (*tableau II*).

Il faut remarquer que la productivité d'arbres avec lièges de durée de production différente peut être comparée si l'on considère seulement les 8 premières années de

Tableau V. Caractérisation de la porosité des échantillons de liège récoltés dans cinq suberaies dans la région de Alcácer do Sal. Moyenne de 40 arbres pour chaque suberaie ; entre parenthèses, l'écart type.

	A	B	C	D	E	Moyenne
Coefficient de porosité, %	3,6 (2,8)	3,6 (1,0)	6,3 (3,3)	4,3 (2,0)	5,3 (2,6)	4,6 (2,7)
N° de pores par 10 cm	82 (44)	77 (26)	96 (43)	67 (44)	72 (40)	79 (41)
Superficie moyenne, mm ²	1,4 (0,7)	1,2 (0,3)	1,7 (0,6)	1,8 (0,7)	2,1 (1,2)	1,6 (0,8)
Périmètre, mm	4,44 (1,03)	4,26 (0,52)	5,04 (1,04)	5,23 (1,02)	5,47 (1,23)	4,88 (1,08)
Longueur, mm	1,74 (0,49)	1,71 (0,24)	2,07 (0,49)	2,10 (0,44)	2,20 (0,55)	1,96 (0,49)
Largeur, mm	0,46 (0,08)	0,43 (0,02)	0,46 (0,05)	0,52 (0,09)	0,55 (0,11)	0,48 (0,09)
Facteur de forme	0,64 (0,02)	0,64 (0,01)	0,60 (0,02)	0,60 (0,02)	0,60 (0,02)	0,62 (0,02)
Facteur de géométrie	0,47 (0,01)	0,47 (0,01)	0,49 (0,03)	0,49 (0,02)	0,49 (0,02)	0,49 (0,02)

Tableau VI. Distribution des pores des échantillons de liège récoltés dans cinq suberaies dans la région de Alcácer do Sal par classes de dimensions (< 1 mm², 1 – 2 mm², > 2 mm²). Moyenne de 40 arbres pour chaque suberaie ; entre parenthèses, l'écart type.

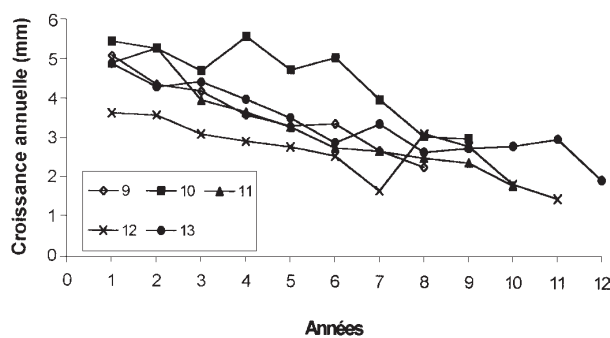
	A	B	C	D	E	Moyenne
Nombres de pores, % du total						
< 1 mm ²	76	80	75	71	71	75
1 – 2 mm ²	10	8	9	11	11	10
> 2 mm ²	14	12	16	18	18	15
Surface moyenne, mm ²						
< 1 mm ²	0,28 (0,03)	0,27 (0,02)	0,29 (0,03)	0,31 (0,04)	0,31 (0,05)	0,29 (0,04)
1 – 2 mm ²	1,41 (0,15)	1,41 (0,08)	1,43 (0,05)	1,41 (0,10)	1,45 (0,19)	1,42 (0,13)
> 2 mm ²	7,00 (3,00)	7,13 (1,54)	8,36 (2,77)	7,48 (1,99)	8,42 (3,68)	7,68 (2,61)
Coefficient de porosité, %						
< 1 mm ²	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6
1 – 2 mm ²	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4
> 2 mm ²	2,8	2,7	5,1	3,5	4,3	3,6

croissance complète qui sont communes dans tous les échantillons. La croissance du liège a été donc mesurée par la largeur des cernes correspondants aux années de croissance complète (*tableau III*).

La croissance est plus grande l'année qui suit le déliègeage et diminue plus ou moins régulièrement pendant le cycle de production. Ce modèle pour les accroissements courants est illustré sur la *figure 3*, qui montre la croissance annuelle moyenne des échantillons de la suberaie A avec des cycles de production de 9 à 13 ans (8 à 12 cernes complets).

Il y a aussi une variabilité de production de liège entre arbres de la même suberaie, comme indiqué par la *figure 4* qui montre la croissance accumulée au long de 8 ans pour les 10 arbres de la suberaie B qui avaient cette durée de production.

Pour un cycle de 8 ans complets, la croissance annuelle moyenne de liège dans cette région est de 4,1 mm/an (*tableau III*) et, quoique variant de 3,4 mm/an (suberaie E) à 4,3 mm/an (suberaie D), la différence de croissance entre suberaies n'est pas statistiquement significative.

**Figure 3.** Croissance annuelle moyenne du liège de la suberaie A pour les échantillons avec des âges de 9 à 13 ans (8 à 12 ans de croissance complète).

L'accroissement correspondant aux trois premières années de croissance représente près de la moitié du total du cycle (48 %).

La qualité du liège a une grande variabilité entre arbres d'une même suberaie et aussi entre suberaies,

comme le montre la répartition des échantillons par classes de qualité commerciale (*tableau IV*). Dans toutes les suberaies il y a des arbres producteurs du liège de bonne qualité et de rebuts. Cette variabilité de la qualité du liège d'arbres d'un même peuplement est déjà bien établie et est probablement d'origine génétique [3, 8, 10].

La quantification de la porosité par les techniques d'analyse d'image permet d'éliminer une certaine subjectivité dans la classification commerciale du liège faite par l'observation visuelle par un expert [1, 7]. La porosité mesurée sur tous les échantillons (*tableau V*) confirme la grande variabilité de la qualité du liège entre suberaies et entre arbres de la même suberaie avec des coefficients de variation de la moyenne de la porosité variant de 28 % (suberaie B) à 78 % (suberaie A). Il y a des différences statistiquement très significatives ($P < 0,001$) entre la porosité du liège de la suberaie C et des suberaies A et B ainsi que entre la suberaie E et la suberaie A.

Toutefois les caractéristiques des pores sont similaires dans tous les échantillons : des pores 4 fois plus longs que larges (longueur spécifique 1,96 mm, largeur spécifique 0,48 mm), avec un contour plutôt irrégulier (facteur de géométrie 0,49) et une forme ellipsoïde (facteur de forme 0,62). La plupart des pores sont de petits pores de moins de 1 mm^2 (75 % du total) avec une très petite dimension moyenne de $0,29 \text{ mm}^2$ et qui ne représentent que 13 % de la porosité totale (*tableau VI*). Ce sont les pores au dessus de 2 mm^2 qui ont la contribution la plus importante pour la porosité du liège (77 % du total). Ces caractéristiques de la porosité sont spécifiques de la porosité du liège observée en sections transversale ou radiale des planches et résulte de l'orientation radiale des canaux lenticulaires (*figure 2*) [12].

La grande variabilité entre échantillons de liège prélevés dans la même suberaie existe soit au niveau de la porosité totale soit au niveau de la porosité correspondant à chaque classe de dimension des pores. La variabilité est plus marquée surtout pour les pores $> 2 \text{ mm}^2$ (*tableau VI*). Cette variabilité de la porosité suggère l'apport génétique dans sa détermination, surpassant un possible effet environnemental, et donc l'importance potentielle d'un programme de sélection d'arbres producteurs de liège à faible porosité.

4. CONCLUSIONS

Pour la région étudiée, l'accroissement moyen annuel de liège est de 4,1 mm avec un cycle de production de 8 ans complets, qui se montre ainsi bien adapté au débouché industriel pour la bouchonnerie.

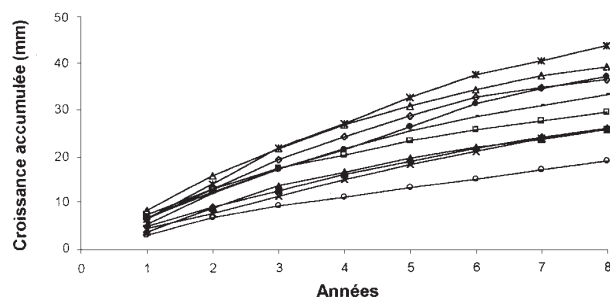


Figure 4. Croissance accumulée du liège des arbres de la suberaie B ayant 8 ans de croissance complète (10 arbres).

La production de liège montre une variabilité entre arbres de la même suberaie en termes de la croissance annuelle et surtout de la qualité. La variabilité rencontrée dans les peuplements montre l'effet prépondérant de l'arbre comme source de la variation. Ceci est en accord avec une forte détermination génétique pour l'intensité et les caractéristiques de l'activité du phellogène chez le chêne-liège et montre l'importance potentielle d'un programme d'amélioration de la production du liège.

Remerciements : Nous tenons à remercier ANSUB (Associação Nacional Subericola) pour l'échantillonnage des suberaies et la classification en classes de qualité. Ce travail a été co-financé par le projet «CORKASSESS-Field assessment and modelling of cork production and quality» dans le cadre du programme européen FAIR.

RÉFÉRENCES

- [1] Barros L., Pereira H., A influência do operador no processo de classificação da cortiça, *Cortiça* 582 (1987) 103-105.
- [2] DGF, Cortiça de reprodução crua, em árvores dispostas ao acaso. Colheita de amostras para estimativa da sua repartição percentual, após cozedura, por calibres e qualidades, Método DGF 5, Direcção Geral das Florestas, Lisboa, 1993.
- [3] Gonzalez-Adrados J., González-Hernández F., Variabilidad de los parámetros de producción de corcho, in: Pereira H. (Ed.), *Cork oak and Cork*, Centro de Estudos Florestais, Lisboa (1998) pp. 47-53.
- [4] Gonzalez-Adrados J., Pereira H., Classification of defects in cork planks using image analysis, *Wood Sci. Technol.* 30 (1996) 207-215.
- [5] Gonzalez-Adrados J., Montero-Gonzalez G., Ortega-Muela C., Caracterización productiva de los alcornoques catalanes, *Investigación Agraria, Sist. Rec. For.* 2 (1993) 55-69.
- [6] Graça J., Barros L., Pereira H., Importância da produção de cortiça de qualidade para a indústria transformadora, *Cortiça* 566 (1985) 697-707.

[7] Lopes F., Pereira H., Caracterização de pranchas de cortiça com diferente classificação industrial, in: Pereira H. (Ed.), *Cork oak and Cork*, Centro de Estudos Florestais, Lisboa (1998) pp. 332-340.

[8] Macedo J., Lopes F., Pereira H., Influência do método de amostragem na avaliação da qualidade de cortiça no mato, in: Pereira H. (Ed.), *Cork oak and Cork*, Centro de Estudos Florestais, Lisboa (1998) pp. 93-98.

[9] Natividade J.V., O problema da qualidade da cortiça nos sobreirais ao Norte do Tejo I e II, *Boletim da Junta Nacional da Cortiça* 8-9 (1939) 5-16.

[10] Natividade J.V., *Subericultura*, Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, Lisboa, 1950.

[11] Pereira H., Melo B., Pinto R., Yield and quality in the production of cork stoppers, *Holz als Roh- und Werkstoff* 52, 4 (1994) 211-214.

[12] Pereira H., Lopes F., Graça J., The evaluation of quality in cork planks by image analysis, *Holzforschung* 50 (1996) 111-115.

[13] Pereira H., Rosa M. E., Fortes A. M., The cellular structure of cork from *Quercus suber* L. *IAWA Bull.* n.s. 8, 3 (1987) 213-218.